

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-092794  
 (43)Date of publication of application : 10.04.1998

(51)Int.CI. H01L 21/3065  
 C23C 16/50  
 C23F 4/00  
 H01L 21/205

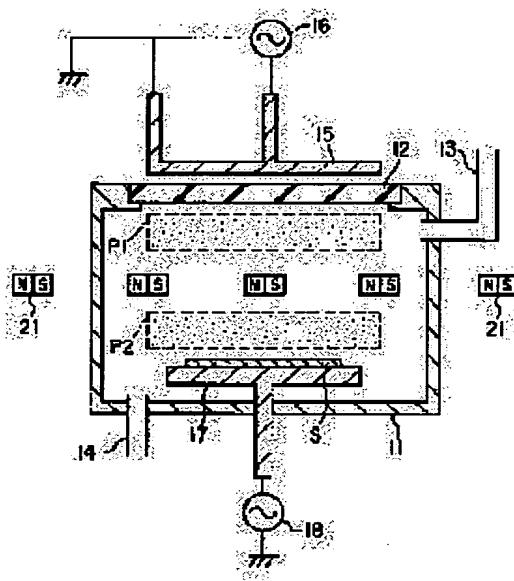
(21)Application number : 08-244788 (71)Applicant : TOSHIBA CORP  
 (22)Date of filing : 17.09.1996 (72)Inventor : MATSUYAMA HIDETO

## (54) PLASMA TREATMENT DEVICE AND PLASMA TREATMENT METHOD

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent notching, dielectric breakdown of a gate oxide film, a microloading phenomenon, etching stop at the time of etching caused by change separation or the like.

**SOLUTION:** A plasma treatment device performs treatment of a target samples held inside a container 11 by plasma of reactive gas introduced inside the container 11. A plurality of permanent magnets 21 generating a sheet-shaped transverse magnetic field inside the container are arranged so as to increase a percentage of negative ions in plasma near the sample S, and treatment of the sample S is performed by plasma having increased negative ions.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-92794

(43)公開日 平成10年(1998)4月10日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>H 01 L 21/3065  
C 23 C 16/50  
C 23 F 4/00  
H 01 L 21/205

識別記号

F I

H 01 L 21/302  
C 23 C 16/50  
C 23 F 4/00  
H 01 L 21/205

B

G

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 8 頁)

(21)出願番号

特願平8-244788

(22)出願日

平成8年(1996)9月17日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 松山 日出人

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

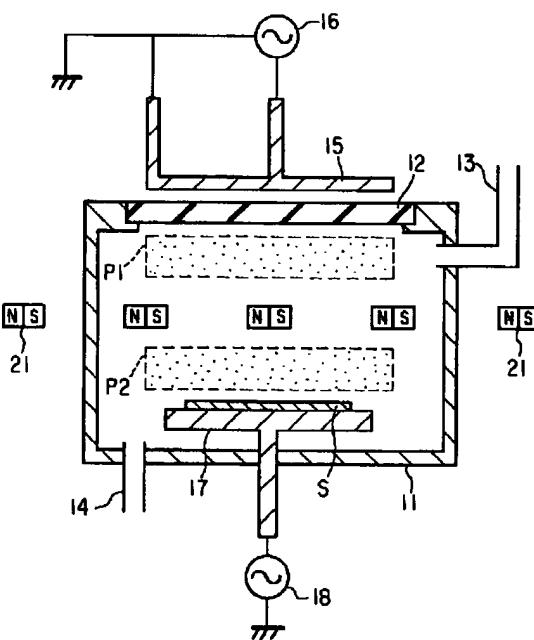
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

(54)【発明の名称】 プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法

## (57)【要約】

【課題】 試料に入射する成分が正イオンと電子であるという点及びエッチングの物理的、化学的反応を正イオンのみに頼っているという点を改善し、荷電分離等に起因してプラズマエッチングの際に生じる種々の問題を解決する。

【解決手段】 容器11内に導入された反応性ガスのプラズマによって容器11内に保持された被処理試料Sの処理を行うプラズマ処理装置において、シート状の横磁場を容器11内に発生させる複数の永久磁石21を設け、永久磁石21によって生じるシート状の横磁場により被処理試料S近傍におけるプラズマ中の負イオンの割合を増加させ、負イオンの増加したプラズマによって被処理試料Sの処理を行う。



(2)

特開平10-92794

**【特許請求の範囲】**

**【請求項1】** 容器内に導入された反応性ガスのプラズマによって該容器内に保持された被処理試料の処理を行うプラズマ処理装置において、シート状の横磁場を上記容器内に発生させる磁場発生手段を設け、上記磁場発生手段によって生じるシート状の横磁場により上記被処理試料近傍におけるプラズマ中の負イオンの割合を増加させ、該負イオンの増加したプラズマによって被処理試料の処理を行うことを特徴とするプラズマ処理装置。

**【請求項2】** 上記磁場発生手段としてN極とS極とを対面させて設置した永久磁石を用いることを特徴とする請求項1に記載のプラズマ処理装置。

**【請求項3】** 上記磁場発生手段として電磁コイルを用いることを特徴とする請求項1に記載のプラズマ処理装置。

**【請求項4】** 容器内に導入された反応性ガスのプラズマによって該容器内に保持された被処理試料の処理を行うプラズマ処理方法において、シート状の横磁場を上記容器内に発生させることにより上記被処理試料近傍におけるプラズマ中の負イオンの割合を増加させ、該負イオンの増加したプラズマによって被処理試料の処理を行うことを特徴とするプラズマ処理方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

**【発明の属する技術分野】** 本発明は、プラズマによるエッチングあるいは成膜等を行うプラズマ処理装置及びプラズマ処理方法に関し、特に半導体集積回路等の電子デバイスの製造等に好適なプラズマ処理装置及びプラズマ処理方法に関する。

**【0002】**

**【従来の技術】** 従来から、半導体装置製造におけるエッチング及び成膜工程には、プラズマを利用して試料の加工を行なうプラズマ処理装置が用いられてきている。近年、半導体装置の集積度は著しく向上しているため、このエッチング及び成膜工程に対しては極めて高精度の微細加工技術が求められている。

**【0003】** エッチングにおいて高精度の微細加工を行なうためには、高異方性、低損傷性及び高選択性が同時に満たされるとともに、量産に適した十分なエッチング速度と大面積の試料を処理できる良好な均一性が必要である。例えば、微細で高アスペクト比のコンタクトホールやゲートのエッチングにおいては、垂直加工形状とともに下地材料に対する高選択性が要求される。また、サブハーフミクロンで高アスペクト比のパターンを高いエッチング速度で異方性よく形成するためには、試料に対して高密度のイオンを入射させる必要がある。

**【0004】** 上記プラズマ処理装置は、反応性ガスを導

入するための容器と、この容器内に高周波電界を形成するための高周波もしくはマイクロ波の給電部とを備えている。この高周波電界によって運動エネルギーを得た電子が反応性ガスの分子に衝突してガス分子が電離するというのが、反応性ガスをプラズマ化する原理である。ガス分子の電離過程にはいくつかの種類が存在するが、ガス分子から内部電子が放出され、ガス分子が正の電荷を帯びた荷電粒子に変化するという過程が大多数を占めている。したがって、プラズマ中の荷電粒子は、電子と正イオンとによってそのほとんどが構成されている。

**【0005】** 反応性ガスのプラズマによって試料加工を行なうためには、所望の特性でかつ効率よくプラズマが試料に照射されなければならない。このために、通常、被処理試料には外部から調整可能な高周波電位（バイアス）が印加されている。この周期的に変化する高周波電位によって、プラズマ中の電子と正イオンとは交互に試料に引き込まれる。試料に引き込まれて試料の表面に衝突する電子と正イオンのうち、電子は試料の材料と反応を起す作用はほとんど持っていない、試料の材料と物理的、化学的反応を起こして加工を進行させるのは正イオンである。ただし、正イオンの引き込みを左右する試料表面の帶電状態は、電子と正イオンとの衝突量の釣り合いによって決まるため、電子の挙動は帶電状態を通じて正イオンの挙動に大きな影響を与えている。

**【0006】** 試料に引き込まれる正イオンの単位面積当たりの電流量をイオン電流密度、試料表面に衝突する際の正イオンのエネルギーをイオンエネルギーというが、高周波電位を外部から調整することによってこのイオン電流密度とイオンエネルギーとを変化させ、所望の加工特性を得ることが可能となっている。

**【0007】** なお、プラズマを発生する高周波電力と被処理試料に高周波電位（バイアス）を印加するための高周波電力との電力系統がそれぞれ独立になっている構造の装置を、独立バイアス型のプラズマ処理装置と呼ぶ。

**【0008】** 微細加工技術に対する前記の要求を満足するためには、低圧力でも高密度であるとともに均一の密度で大面積であるという特性を持ったプラズマを生成でき、しかも試料に入射するイオンの電流量とエネルギーを任意に制御し得る構造を持った独立バイアス型のプラズマ処理装置が必要である。このような条件を満たすことが可能なものとして、電磁的な誘導結合（ICP：インダクティブ・カップリング・プラズマ）、電子サイクロトロン共鳴（ECR：エレクトロン・サイクロトロン・レゾナンス）、ヘリコン波等のプラズマ発生方法を用いたプラズマ処理装置が注目されており、近年、実際の半導体製造工程で利用されている。

**【0009】** ICPあるいはECRを用いたプラズマ処理装置は、0.1～数10 m Torrの高真空中で動作するため粒子の散乱が少なくイオンの直進性がよく、高精度の微細加工技術に不可欠な高異方性を得ることができ

るとともに、大面積の試料を処理するために必要なプラズマ密度の均一性も得ることができる。

#### 【0010】

【発明が解決しようとする課題】上記のように、従来のプラズマ処理装置では、プラズマの主な成分は正イオンと電子であるため、被処理試料に入射する荷電粒子のはほとんど大部分がこの正イオンと電子である。一方、被処理試料の材料と物理的、化学的反応を起こして加工を進行させるのは正イオンである。このように、試料に入射する成分のはほとんどが正イオンと電子である一方、エッチングが主に正イオンのみによって進行しているということに起因する問題が、微細かつ高アスペクト比のパターン形成が要求される最近の半導体装置の製造工程において深刻化している。この点について、その詳細を以下説明する。

【0011】プラズマ処理装置を用いて微細で高アスペクト比の深い溝や穴を形成する場合、溝や穴の底部に正イオンのみが到達してプラスにチャージアップする荷電分離という現象が生じる。

【0012】図5は、ポリシリコンをパターニングする場合を例にとり、上記荷電分離現象を模式的に示したものである。51は半導体基板、52はゲート酸化膜、53はポリシリコン膜、54はレジスト膜である。

【0013】エッチングを行なうために周期的に変化する高周波電位を試料に印加すると、試料表面に電子が付着してシース電位と呼ばれる電位が発生する。電子と正イオンはその熱運動的速度にしたがって等方的にシース領域に侵入するが、正イオンはシースが持つ電界によって加速されるため、正イオンは試料に対して垂直方向から試料表面に衝突する。一方、電子は電界によって減速されるため、大きな角度分布を持って試料表面に入射する。したがって、表面に起伏を持ったパターンがある場合、電子はパターンの側壁に捕獲されてしまう。それ故、高アスペクト比を有するパターンの底部は、過剰な正イオンによってチャージアップしてしまうことになる。したがって、図5に示すように、パターンの上部に電子が捕獲されてマイナスに帯電する一方、パターンの底部に正イオンが多く到達してプラスに帯電し、上記荷電分離現象が生じる。

【0014】以下に述べるようなエッチングによって生じる問題は、上記荷電分離現象に起因していると考えられている。微細なゲート電極のエッチングにおいて、ゲート酸化膜と接している部分のポリシリコンに対して横方向にエッチングが生じるノッチングという問題がある。これは、荷電分離によって底部のゲート酸化膜が正に帯電しているために正イオンの軌道を曲げる電界が発生し、正イオンが垂直に入射してきても横方向に曲げられてポリシリコンに衝突するためだと考えられる。ゲートパターンの疎密が変化する箇所においてノッチングは特に顕著に現れるが、これは底部の帶電の度合いがパタ

ーンの疎密によって異なることによる。

【0015】また、荷電分離によって生じるゲート酸化膜上の電荷の蓄積は、ゲート酸化膜の絶縁破壊の一因であると考えられている。酸化膜上の正電荷の蓄積によって酸化膜の下に負電荷が誘起され、これによって酸化膜自体に電圧が印加されるからである。

【0016】さらに、パターン内に入射する正イオンを減速したりその軌道を曲げたりするため、荷電分離は、微細パターンでエッチング速度が遅くなるマイクロローディング現象や酸化シリコンのエッチングにおけるエッチストップの原因の一つであると考えられている。

【0017】荷電分離による上記の問題は、パターンの微細化や高アスペクト比化が進むにつれて、今後一層深刻化すると思われる。上記のように、様々な問題の原因となる荷電分離は、試料に入射する成分が正イオンと電子の2種類であるという点に起因している。

【0018】また、エッチングの物理的、化学的反応を正イオンにのみ頼っていることによる技術的限界や問題点として、イオン衝撃による試料表面のダメージの問題がある。正イオンは試料表面に衝突したときにエネルギーを与え、試料表面から2次電子が放出される。このとき、試料表面は、運動エネルギーを受けることと電子を奪われることの二つによってダメージを受ける。また、イオン衝撃の際に正イオンから与えられる正電荷に2次電子の放出による正電荷が加わって電荷が蓄積されるため、試料表面の帶電に関係した問題も起りやすい。これらの問題は、正イオンのみをエッチングに利用している限り免れ得ない。

【0019】以上の説明からわかるように、従来のプラズマ処理装置は、プラズマ中に生成される荷電粒子のはほとんどが正イオンと電子であり、試料に入射する成分も正イオンと電子であるという点、また、エッチングの物理的、化学的反応を正イオンのみに頼っているという点に関し、さらに改善が望まれるといえる。

【0020】本発明の目的は、試料に入射する成分が正イオンと電子であるという点及びプラズマ処理の物理的、化学的反応を正イオンのみに頼っているという点を改善することにより、荷電分離等に起因してプラズマエッチングの際に生じるノッチング、ゲート酸化膜の絶縁破壊、マイクロローディング現象、エッチストップといった問題を解決することが可能なプラズマ処理装置及びプラズマ処理方法を提供することにある。

#### 【0021】

【課題を解決するための手段】本発明は、容器内に導入された反応性ガスのプラズマによって該容器内に保持された被処理試料の処理を行うプラズマ処理装置において、シート状の横磁場を上記容器内に発生させる磁場発生手段を設け、上記磁場発生手段によって生じるシート状の横磁場により上記被処理試料近傍におけるプラズマ中の負イオンの割合を増加させ、該負イオンの増加した

プラズマによって被処理試料の処理を行う、というものである。

【0022】より具体的には、容器内に導入された反応性ガスのプラズマによって該容器内に保持された被処理試料の処理を行うプラズマ処理装置において、主プラズマ発生領域と被処理試料とを結ぶ線に対して垂直方向でかつ局在したシート状の横磁場を主プラズマ発生領域と被処理試料との間に生成するための磁場発生手段を設け、主プラズマ発生領域からのプラズマが横磁場を通過して被処理試料近傍に拡散する際、プラズマが横磁場から受ける作用によって少なくとも被処理試料近傍においてプラズマ中の負イオンの割合を増加させ、この負イオンの増加したプラズマによって被処理試料の処理を行う、というものである。

【0023】上記磁場発生手段としては、N極とS極とを対面させて設置した永久磁石、又は電磁コイルを用いることができる。本発明におけるプラズマ処理方法は、容器内に導入された反応性ガスのプラズマによって該容器内に保持された被処理試料の処理を行うプラズマ処理方法において、シート状の横磁場を上記容器内に発生させることにより上記被処理試料近傍におけるプラズマ中の負イオンの割合を増加させ、該負イオンの増加したプラズマによって被処理試料の処理を行う、というものである。

【0024】上記プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法によれば、シート状の横磁場によって被処理試料近傍におけるプラズマ中の負イオンの割合を増加させ、負イオンの増加したプラズマによって被処理試料の処理を行うので、被処理試料に入射する成分が正イオンと電子であるという点及びエッティングの物理的、化学的反応を正イオンのみに頼っているという点を改善することができ、荷電分離等に起因してプラズマエッティングの際に生じるノッチング、ゲート酸化膜の絶縁破壊、マイクロローディング現象、エッチストップといった問題を解決することが可能となる。

#### 【0025】

【発明の実施の形態】まず、具体的な実施形態について説明する前に、本発明におけるプラズマ処理の原理について説明する。従来のプラズマ処理装置において生成されるプラズマ中にも微小割合で負イオンは存在する。特に、電子親和力（分子や原子についての負イオンの形成しやすさを表す。）の値の大きなF、Cl、Br等のハロゲン元素を含む分子のガスでは、そのガスを用いて生成されたプラズマ中の負イオンの割合は比較的大きくなる傾向にある。このようなガスのなかでエッティングに用いられるものの代表的なものとしては、フロロカーボン系のガス、SF<sub>6</sub>、HF、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>、HC<sub>1</sub>、Br<sub>2</sub>、HBr等があげられ、またハロゲン元素を含まないO<sub>2</sub>等も負イオンを多く生成する傾向にある。

【0026】しかしながら、従来のプラズマ処理装置に

おけるプラズマ中の負イオンの割合は正イオンに比べて非常に小さい。これには二つの理由があり、第1に電子付着によって負イオンを生成する低速電子の存在比が小さいこと、第2に負イオンに衝突してこれを消滅させてしまう高速電子が多く存在することがあげられる。分子もしくは原子に電子が衝突し、電子付着によって負イオンが生成されるためには、1 eV以下のエネルギーの電子が最も効率がよい。逆に2～3 eV以上のエネルギーを持った電子がすでに存在する負イオンに衝突した場合、負イオンは解離して他の中性粒子や正イオンに変化してしまう。従来のプラズマ処理装置において生じるプラズマは電子温度が低くとも3 eV以上あり、したがって上記の理由によりプラズマ中に含まれる負イオンの割合は非常に小さなものとなる。

【0027】本発明では、プラズマ発生領域と被処理試料との間に局在したシート状横磁場によって放電容器を2分割し、電子温度を最適化することで被処理試料近傍での負イオンの生成効率を高めている。この局在したシート状の横磁場を磁気フィルターと呼ぶ。磁気フィルターには高速電子を選択的に反射して低速電子のみを透過させる働きがある。つまり、プラズマ発生領域から磁気フィルターを通してプラズマが被処理試料に向かって拡散する際、磁気フィルターの作用によってプラズマ中の電子の電子温度が低下する。したがって、磁気フィルターの磁場強度を最適化することにより、磁気フィルターを通過したプラズマの電子温度を1 eV以下に下げることができる。これにより、被処理試料近傍のプラズマは負イオンの生成に最も効率のよい電子温度となり、プラズマ中の負イオンの割合を正イオンと同程度まで上げることが可能となる。

【0028】つぎに、上記のように磁気フィルターの作用によって負イオンの割合が増加したプラズマが被処理試料をエッティングする際に持つ作用を説明する。すでに説明したように、エッティングの際に問題となるノッチング、ゲート酸化膜の絶縁破壊、マイクロローディング現象、エッチストップといった現象は、主として正イオンと電子とからなるプラズマを被処理試料に照射することによって生じる荷電分離等の帶電状態に起因している。荷電分離等の帶電状態は、被処理試料表面にシーズ電位が発生することと、正イオンと電子がシーズに侵入したときの両者の運動が異なることによって生じるのであるが、これらはプラズマ中における正イオンと電子の質量及び速度が大きく異なることが原因である。

【0029】これに対して本発明では、プラズマ中の負イオンの割合を増加させ、電子の代わりに正イオンと同程度の質量である負イオンを被処理試料に入射させるようしている。このように、電子の代わりに負イオンを被処理試料に入射させた場合には、被処理試料の表面に帯電する電荷は印加されている高周波電位の各周期毎に中和されるため、シーズ電位は発生しない。また、正イ

(5)

特開平10-92794

オン及び負イオンは印加されている高周波電位に対して同等な運動を行うため、荷電分離現象も発生しない。したがって、高アスペクト比で微細なパターンの底部に過剰な正電荷が蓄積されることなく、ノッキング、ゲート酸化膜の絶縁破壊、マイクロローディング現象、エッチストップといった現象は生じない。このように、被処理試料に照射されるプラズマ中の負イオンの割合を増加させることで、上記問題を飛躍的に改善することができる。

【0030】また、すでに述べたように、エッチングの化学的、物理的反応に正イオンを用いた場合の技術的限界や問題点として、イオン衝撃による被処理試料表面のダメージの問題があるが、このような問題もエッチングに負イオンによる反応を利用することによって軽減することができる。正イオンが被処理試料に衝突した場合には、試料表面から2次電子が放出され、これがダメージの原因となる。これに対して負イオンの場合には、試料に衝突した際に試料からエネルギーを吸収して電子が離脱する吸熱反応であるため、被処理試料に与える影響はほとんどない。また、負イオンが衝突した場合には、正イオンの場合のように試料表面から2次電子が放出されて正電荷が蓄積するような現象がないため、試料表面の帶電に関係した問題が生じることはない。

【0031】以上のように、負イオンを用いてエッチングを行う場合には、正イオンの場合では得ることのできない優れた特性を有しており、高アスペクト比で微細なパターンに対する優れたエッチング加工性を有する。

【0032】つぎに、以上述べた原理を参考して、本発明の具体的な実施形態について説明する。図1は、本発明の第1実施形態を示したものであり、本発明をICP型プラズマエッチング装置に適用したものである。

【0033】11は中空部を有する円筒状の容器であり、この容器11の上部には石英やアルミナ（酸化アルミニウム）を用いた円盤状の誘電体壁12が設けてある。13は容器11内に反応性ガスを導入するガス導入管、14は容器11内の反応性ガスを排気する真空排気口である。誘電体壁12の上側には螺旋状の金属導体を用いて構成されたプラズマ発生用の高周波アンテナ15が設けてあり、このアンテナ15には13.56MHzの高周波電力を供給する高周波電源16が接続されている。容器11の内部には被処理試料Sを保持する試料台17が設けてあり、この試料台17には500kHz（一般的には、10kHz～1MHzの範囲であることが好ましい。）の高周波電力を供給する高周波電源18が接続され、被処理試料Sにバイアス電圧が印加される。ここまで構成については、従来のICP型プラズマエッチング装置とほぼ同様である。

【0034】容器11の内部及び外部には、磁場発生手段となる複数個の棒状の永久磁石21が設置されている。この複数の永久磁石21によって複数個の局在した

シート状の横磁場が形成され、容器11を横方向に貫通する磁気フィルターが構成される。

【0035】上記永久磁石21について、図1及び図2を参照して、さらに詳細に説明する。永久磁石21は、局在したシート状の横磁場を発生させるようするため、N極とS極とが対面するように配置されている。そして、プラズマによる損傷を防止するとともに、永久磁石21の材料成分がプラズマ中に放出されて被処理試料Sに対する汚染源とならないよう、永久磁石21はプラズマ耐性を有するパイプ内に詰められている。永久磁石21によって構成される磁気フィルターは、プラズマ中の負イオンの割合が最も大きくなるように、その中心磁場強度を50～120Gauss（一般的には、5～500Gaussの範囲であることが好ましい。）に設定している。

【0036】なお、図1では、説明の簡単のため、本来ICP型プラズマ処理装置が備えている反応ガス導入系及び真空排気系については、ガス導入管13及び真空排気口14のみを示し、その他については省略してある。

【0037】つぎに、本実施形態の動作について説明する。容器11内にはガス導入管13から導入された反応性ガスが満たされている。高周波アンテナ15には高周波電源16から高周波電力が供給されており、高周波アンテナ15に流れる電流によって生じる高周波電界は誘電体壁12を透過して容器11内に入り、そこで誘起された高周波電界によってプラズマP1が生成される。プラズマP1の性質は、従来のICP型プラズマ処理装置によって生成されるプラズマと同様であり、主として正イオンと電子によって構成され、負イオンの割合は小さい。

【0038】プラズマは拡散しつつ磁気フィルターを通過して被処理試料S近傍の空間に入る。プラズマが磁気フィルタを通過する際、高速電子は磁気フィルタの作用によって選択的に反射され、エネルギー1eV以下の低速電子のみが選択的に通過するため、被処理試料S近傍のプラズマP2は電子温度が低下したものとなる。このようにして形成されたプラズマP2は、負イオンの生成に最も効率のよい電子温度となっているため、プラズマP2中の負イオンの割合は正イオンの割合と同程度となっている。このようにして負イオンの割合が増加したプラズマによって被処理試料Sの処理が行われる。

【0039】上記の処理方法により、n<sup>+</sup>ポリシリコンのゲート電極加工を行ったところ、ノッキング、ゲート酸化膜の絶縁破壊及びマイクロローディング現象のないエッチングが達成されるとともに、エッチング速度の向上とゲート酸化膜に対するエッチングの選択比の向上が確認された。

【0040】なお、上記の例では永久磁石21を容器11の内外に配置したが、プラズマの損失を抑制するようすべての永久磁石21を容器11の外側に配置するよ

にしてもよい。また、永久磁石21の個数は2個以上であればよいが、シート状の横磁場が効果的に形成されるよう3個以上であることが好ましい。また、永久磁石21の形状や永久磁石21によって形成される磁場強度等も、必要に応じて適宜変更可能である。

【0041】さらに、ICP型プラズマ処理装置の構成についても図1に示したものに限定されるものではなく、その他種々のICP型プラズマ処理装置（少なくとも高周波アンテナ及び誘電体壁を備え、電磁的な誘導結合を利用してプラズマを生成するものは、ICP型プラズマ処理装置と考えられる。）に適用可能である。具体的には、装置を構成する容器、高周波アンテナ、誘電体壁等の形状、配置関係、材料等は、設計に応じて種々変更可能である。

【0042】図3は、本発明の第2実施形態を示したものであり、上記第1実施形態と同様、本発明をICP型プラズマエッティング装置に適用したものである。図3に示した容器11、誘電体壁12、ガス導入管13、真空排気口14、高周波アンテナ15、高周波電源16、試料台17及び高周波電源18の構成及び機能等は、図1に示した第1実施形態と同様であるため、これらについては第1実施形態の対応する説明を参照することとし、説明は省略する。

【0043】容器11の外部には、磁場発生手段となる一対の電磁コイル22（コイル電磁石）が設置されている。この一対の電磁コイル22によって局在したシート状の横磁場が形成され、容器11を横方向に貫通する磁気フィルターが構成される。この電磁コイル22は、局在したシート状の横磁場を発生させるようするため、N極とS極とが対面するように配置されている。そして、プラズマの損失を防止するため、容器11の外側にのみ配置している。この一対の電磁コイル22によって構成される磁気フィルターは、プラズマ中の負イオンの割合が最も大きくなるように、その中心磁場強度を200Gauss（一般的には、5～500Gaussの範囲であることが好ましい。）に設定している。

【0044】なお、図2では、説明の簡単のため、本来ICP型プラズマ処理装置が備えている反応ガス導入系及び真空排気系については、ガス導入管13及び真空排気口14のみを示し、その他については省略してある。また、電磁コイル22に電力を供給する電力系についても省略している。

【0045】本実施形態の基本的な動作はすでに説明した第1実施形態の動作と同様であり、したがって、本実施形態においても第1実施形態と同様の作用効果を得ることができる。

【0046】なお、上記の例では電磁コイル22を容器11の外側にのみに配置したが、プラズマ中の負イオンの生成効率をさらに向上するよう、容器11内にも電磁コイル22を配置するようにしてもよい。また、電磁

コイル22の形状や個数、電磁コイル22によって形成される磁場強度等についても、必要に応じて適宜変更可能である。

【0047】さらに、ICP型プラズマ処理装置の構成についても図3に示したものに限定されるものではなく、その他種々のICP型プラズマ処理装置に適用可能であり、装置を構成する容器、高周波アンテナ、誘電体壁等の形状、配置関係、材料等は、設計に応じて種々変更可能である。

【0048】図4は、本発明の第3実施形態を示したものであり、本発明をECR型プラズマエッティング装置に適用したものである。31は中空部を有する円筒状の容器であり、この容器31の上部には石英やアルミナ（酸化アルミニウム）を用いた円盤状の誘電体壁32が設けている。33は容器31内に反応性ガスを導入するガス導入管、34は容器31内の反応性ガスを排氣する真空排氣口である。容器31の上部外壁の外周には容器31の軸方向にECR用磁場を発生する磁場発生器35が設けてある。容器31の上側にはマイクロ波アンテナ36が設けてあり、このマイクロ波アンテナ36には導波管37から2.54GHzのマイクロ波が供給されている。容器31の内部には被処理試料Sを保持する試料台38が設けてあり、この試料台38には500kHz（一般的には、10kHz～1MHzの範囲であることが好ましい。）の高周波電力を供給する高周波電源39が接続され、被処理試料Sにバイアス電圧が印加される。ここまで構成については、従来のECR型プラズマエッティング装置とほぼ同様である。

【0049】容器31の内部及び外部には、磁場発生手段となる複数個の棒状の永久磁石41が設置されている。この複数の永久磁石41によって複数個の局在したシート状の横磁場が形成され、容器41を横方向に貫通する磁気フィルターが構成される。なお、この永久磁石41及び永久磁石41によって構成される磁気フィルターの詳細については、図1に示した第1実施形態と同様であるため、これらについては第1実施形態の対応する説明を参照することとし、説明は省略する。

【0050】なお、図4では、説明の簡単のため、本来ICP型プラズマ処理装置が備えている反応ガス導入系及び真空排気系については、ガス導入管33及び真空排気口34のみを示し、その他については省略してある。また、磁場発生器35への給電系についても省略して描いている。

【0051】つぎに、本実施形態の動作について説明する。容器31内にはガス導入管33から導入された反応性ガスが満たされている。マイクロ波アンテナ36には導波管37からマイクロ波が供給されており、マイクロ波アンテナ36から放射されたマイクロ波が誘電体壁32を透過して容器31内に入る。そして、このマイクロ波及び磁場発生器35からの所定強度の磁界によってE

(7)

特開平10-92794

CRが生じ、プラズマが生成される。このプラズマの性質は、従来のECR型プラズマ処理装置によって生成されるプラズマと同様であり、主として正イオンと電子によって構成され、負イオンの割合は小さい。

【0052】上記のようにして生成されたプラズマは拡散しつつ磁気フィルターを通過して被処理試料S近傍の空間に入る。プラズマが磁気フィルタを通過する際、高速電子は磁気フィルタの作用によって選択的に反射され、エネルギー1eV以下の低速電子のみが選択的に通過するため、被処理試料S近傍のプラズマは電子温度が低下したものとなる。このようにして形成されたプラズマは、負イオンの生成に最も効率のよい電子温度となっているため、プラズマ中の負イオンの割合は正イオンの割合と同程度となっている。このようにして負イオンの割合が増加したプラズマによって被処理試料Sの処理が行われる。

【0053】以上のように、本実施形態における負イオンの生成過程は第1実施形態とほぼ同様であり、したがって第1実施形態と同様の作用効果を得ることができ。なお、上記の例では永久磁石41を容器31の内外に配置したが、プラズマの損失を抑制するようすべての永久磁石41を容器31の外側に配置するようにしてもよい。また、永久磁石41の個数は2個以上であればよいが、シート状の横磁場が効果的に形成されるよう3個以上であることが好ましい。また、永久磁石41の形状や永久磁石41によって形成される磁場強度等も、必要に応じて適宜変更可能である。

【0054】さらに、ECR型プラズマ処理装置の構成についても図4に示したものに限定されるものではなく、その他種々のECR型プラズマ処理装置（少なくともマイクロ波アンテナ及び磁場発生器を備え、ECRを利用してプラズマを生成するものは、ECR型プラズマ処理装置と考えられる。）に適用可能である。具体的には、装置を構成する容器、マイクロ波アンテナ、誘電体

壁等の形状、配置関係、材料等は、設計に応じて種々変更可能である。

【0055】なお、上記のようなECR型プラズマ処理装置を用いるとともに、磁気フィルターの発生手段として永久磁石の代わりに第2実施形態で説明したような磁気コイルを用いて、プラズマ処理装置を構成することももちろん可能であり、この場合にも上記第1～第3実施形態と同様の作用効果を得ることができる。その他、本発明はその要旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。

【0056】

【発明の効果】本発明におけるプラズマ処理装置及びプラズマ処理方法では、シート状の横磁場により被処理試料近傍におけるプラズマ中の負イオンの割合を増加させ、この負イオンの増加したプラズマによって被処理試料の処理を行うので、被処理試料に入射する成分が正イオンと電子であるという点及びプラズマ処理の物理的、化学的反応を正イオンのみに頼っているという点を改善することができる。したがって、荷電分離等に起因してプラズマエッティングの際に生じるノッチング、ゲート酸化膜の絶縁破壊、マイクロローディング現象、エッチストップといった問題を解決することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態を示した図。

【図2】図1に示した永久磁石の詳細を示した図。

【図3】本発明の第2実施形態を示した図。

【図4】本発明の第3実施形態を示した図。

【図5】従来技術の問題点を示した図。

【符号の説明】

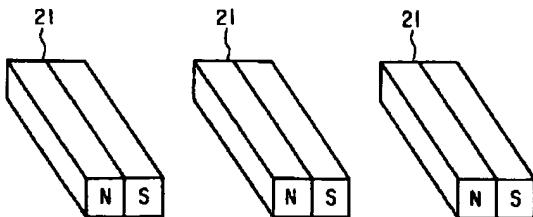
11、31…容器

21、41…永久磁石（磁場発生手段）

22…電磁コイル（磁場発生手段）

S…被処理試料

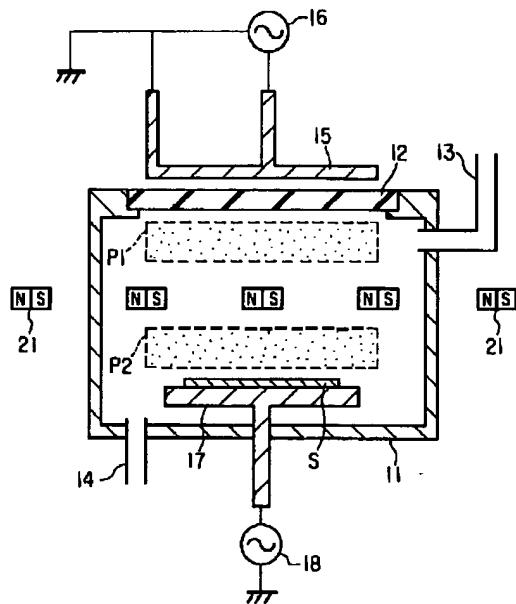
【図2】



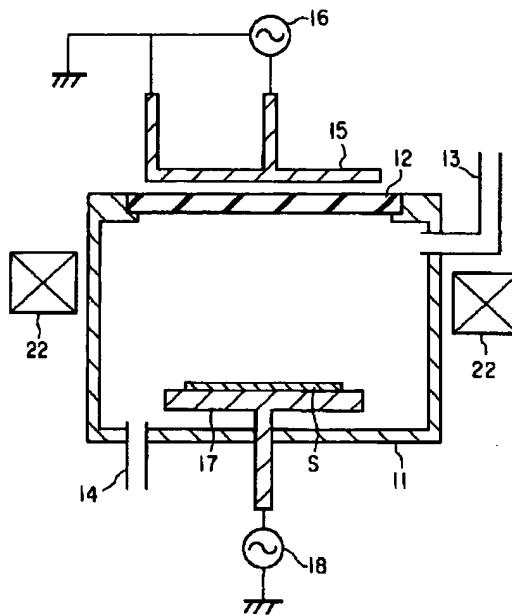
(8)

特開平10-92794

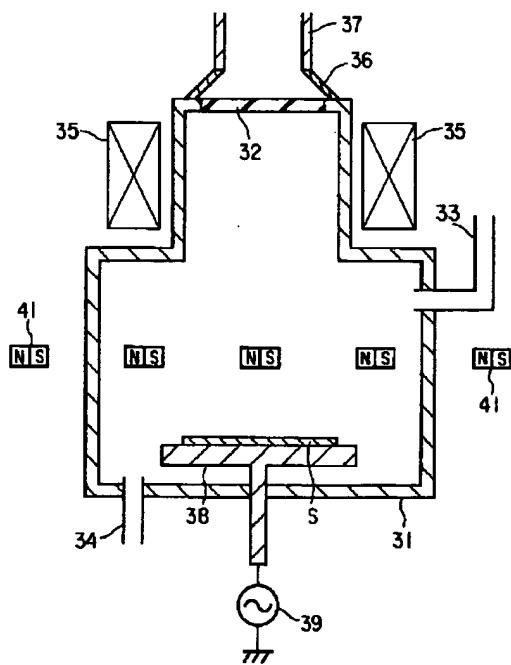
【図1】



【図3】



【図4】



【図5】

